

**MAGNETOOPTIK UND ELEKTRONISCHE STRUKTUR  
DER MAGNETISCH ORDNENDEN  
EUROPIUMCHALKOGENIDE**

ABHANDLUNG

zur Erlangung

des Titels eines Doktors der Naturwissenschaften  
der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN  
HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

JOACHIM P. SCHOENES

Dipl.-Phys. Universität Saarbrücken

geboren am 2. April 1944

von Deutschland

Angenommen auf Antrag von  
Prof. Dr. P. Wachter, Referent  
Prof. Dr. G. Busch, Korreferent

aku-Fotodruck

Zürich

1974

artung zwischen  $t_{2g}$  und  $e_g$  korrigiert diese Gewichtung dabei nur unwesentlich. Hieraus folgt, dass die gemessene Oszillatorstärke unterhalb 3 eV überwiegend vom  $4f \rightarrow 5d t_{2g}$  Uebergang herrührt. Oberhalb 3 eV wird sie hingegen in stärkerem Masse von Uebergängen der p Elektronen des Schwefels bestimmt.

Vergleichen wir diese Rechnung, die unseres Wissens erstmals für einen Halbleiter durchgeführt wurde, mit den experimentellen Werten (Fig.30), so stellen wir eine sehr befriedigende Uebereinstimmung fest. Dies kann als Beweis dafür angesehen werden, dass:

- 1) unsere Zuordnung der Uebergänge (Fig.27) zumindest als integrale Grösse zutrifft und andere Uebergänge von ganz untergeordneter Bedeutung sind,
- 2) die in die Rechnung eingesetzten Spinpolarisationen der  $4f$  und  $5d$  Zustände richtig sind.

Unbeantwortet lässt das rohe rechnerische Modell einzig die Frage der detaillierten Zuordnung der einzelnen Extrema. Hier könnte die Berücksichtigung eines Kopplungsschemas wie wir es z.B. in (IV.2.) vorgeschlagen haben, einige Aufschlüsse bringen. Der Vergleich zwischen Experiment und Theorie wird aber erschwert durch die Ueberlagerung verschiedener Uebergänge mit zum Teil wechselnden Vorzeichen und entsprechender Kompensation der Oszillatorbeiträge. In einem Bandmodell würde dieser Effekt berücksichtigt werden, doch setzt eine solche, darüber hinaus sehr aufwendige Rechnung, die Existenz einer realitätskonformen Bandstrukturrechnung voraus.

#### Schlussbemerkung

Eines der Ziele dieser Arbeit war, am Beispiel der Europiumchalkogenide, die vielfältigen Möglichkeiten aufzuzeigen, die die Magnetooptik zur Untersuchung der elektronischen Struktur bietet. Dabei ergaben sich neue interessante Aspekte, die einerseits reizvolle theoretische Probleme ent-

halten und andererseits den Ausbau der experimentellen Methoden und die Anwendung derselben auf andere Substanzen als sehr vielversprechend erscheinen lassen.

Das Auftreten von Uebergängen, die ein "ferromagnetisches" Verhalten in einer antiferromagnetischen Substanz zeigen, ist eines der überraschendsten Ergebnisse dieser Untersuchung und scheint die erste Bestätigung für das Slater'sche Modell der magnetischen Brillouinzone zu sein. Eine Berechnung der Uebergangswahrscheinlichkeit sowie der Zustandsdichte in den beiden Teilbändern als Funktion der antiferromagnetischen Ordnung wird diese Frage beantworten können.

Die Aussagekraft magnetooptischer Messungen beschränkt sich aber nicht auf magnetisch ordnende Halbleiter. Vielmehr kann durch Anlegen eines Feldes von 100 bis 150 kOe in vielen Substanzen eine Spinordnung induziert werden. Damit besteht, zum Beispiel bei Verbindungen seltener Erden, die Möglichkeit, die Energie der 4f Elektronenzustände zu bestimmen.

Die neu entwickelte Methode der dynamischen Messung der Faraday Rotation, mit ihrem hohen Auflösungsvermögen von  $2 \cdot 10^{-4}$  Grad, gestattet hingegen in kleinen Feldern von nur 100 Oe zu messen. Dies ist von ganz besonderer Bedeutung bei Metamagneten und zweidimensional ordnenden Substanzen, deren spontane Ordnung durch Anlegen grösserer Felder gestört würde. Der Einfluss äusserer Felder kann bei dieser Methode jedoch ebenfalls untersucht werden, indem die Ableitung der Faraday Rotation nach dem Feld als Funktion des Feldes gemessen wird.

Schliesslich wollen wir noch auf eine Eigenschaft hinweisen, welche die Magnetooptik von der Photoemission spinpolarisierter Elektronen unterscheidet. Bei der Photoemission ist der Endzustand der optischen Anregung oberhalb des Vakuumniveaus. Dort überlagern sich zahlreiche Wellenfunktionen, so dass die Spinpolarisation des Endzustandes null ist. Es besteht somit keine Möglichkeit, die Spinpolarisation unbesetzter Zustände zu bestimmen. Diese Möglichkeit bietet uns aber, wie wir an den 5d Zuständen sehen konnten, die Magnetooptik.

An dieser Stelle möchte ich meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. G. Busch für die Aufnahme in sein Institut, seine wohlwollende Förderung und sein stetes Interesse am Fortgang dieser Arbeit aufrichtig danken. Besonderer Dank gebührt aber auch Herrn Prof. Dr. P. Wachter für die wissenschaftliche Betreuung. Mit seinen Ratschlägen und durch zahllose Diskussionen hat er wesentlich zum Gelingen der Untersuchung beigetragen.

Ebenfalls danken möchte ich den Herren: Dr. E. Kaldis für die Bereitstellung der Substanzen, Dr. G. Güntherodt für das Kramers-Kronig Programm, Dr. G. Berner für die Durchführung einiger Schichtdicken-Messungen mit dem Talystep, sowie Dr. F. Rys, Dr. H. C. Siegmann, Prof. Dr. E. A. Stern, Dr. P. Streit und P. Munz für interessante Diskussionen.

Finanziell wurde die Arbeit vom Schweizerischen Nationalfonds unterstützt.